

EPO - DG 1

25. 05. 2000

PCT/EP00/04414

REC'D 19 JUL 2000

WIPO

PCT

(70)

EP00/04414

# ROYAUME DE BELGIQUE



4  
10/009126

Il est certifié que les annexes à la présente sont la copie fidèle de documents accompagnant une demande de brevet d'invention tels que déposée en Belgique suivant les mentions figurant au procès-verbal de dépôt ci-joint.

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

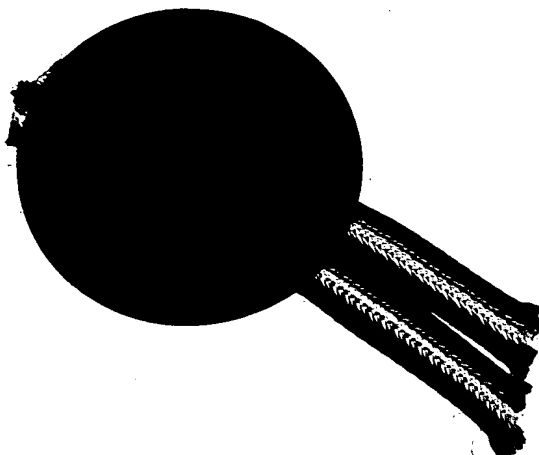
Bruxelles, le

15. -5- 2000

Pour le Directeur de l'Office  
de la Propriété industrielle

Le fonctionnaire délégué,

BAILLEUX G.  
Conseiller adjoint





OFFICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PROCES-VERBAL DE DEPOT  
D'UNE DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

N° : 09900332

Aujourd'hui, le -7-5-1999 en dehors des heures d'ouverture du bureau de dépôt, l'OFFICE DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE a reçu un envoi postal contenant une demande en vue d'obtenir un brevet d'invention relatif à : PROCÉDE D'ANTICIPATION ET/OU DE PREVENTION DU RISQUE D'EXPLOSION ET/OU D'INFLAMMATION D'UN MELANGE COMBUSTIBLE/AGENT OXYDANT.

introduite par : Eric VAN MALDEREN


agissant pour : Bertrand DES CLERS  
9, Quai Malaquais  
75006 PARIS (France)

en tant que mandataire agréé / ~~avocat ou agent habilité~~ du demandeur.

La réception de la demande de brevet susmentionnée a été actée ce jour, à 15.40 heures.

La demande, telle que déposée, contient les documents nécessaires pour obtenir une date de dépôt conformément à l'article 16, paragraphe 1er de la loi du 28 mars 1984.

Le fonctionnaire délégué,

  
G. DRISQUE  
INGENIEUR

Bruxelles, le

-7-5-1999

5

10        PROCEDE D'ANTICIPATION ET/OU DE PREVENTION DU RISQUE  
          D'EXPLOSION ET/OU D'INFLAMMATION D'UN MELANGE  
          COMBUSTIBLE/AGENT OXYDANT

Objet de l'invention

15        La présente invention est relative à un  
procédé d'anticipation et/ou de prévention d'explosion  
et/ou d'inflammation d'un mélange combustible/agent  
oxydant, conservé dans un milieu ou un volume confiné tel  
qu'un silo à grains, un volume comprenant un mélange de  
combustibles, hydrocarbures ou de poussières industrielles  
20        ou de fertilisants et d'air, le réservoir d'un véhicule,  
une galerie de mine, etc.

Arrière-plan technologique et état de la technique à la  
base de l'invention

25        Des mélanges d'un ou plusieurs combustibles  
avec au moins un agent oxydant peuvent faire l'objet d'une  
explosion ou d'un incendie lorsqu'ils sont conservés à des  
températures ambiantes ou élevées dans des milieux confinés  
tels que ceux susmentionnés. Il convient de détecter le  
30        risque d'explosion de tels mélanges.

      Le document WO89/08253 décrit un procédé et  
un appareillage pour déterminer si un combustible peut  
provoquer une explosion dans les conditions présentes dans  
un moteur diesel. Ce phénomène est étudié en soumettant le

combustible à une exposition en présence d'un mélange de gaz oxydants en augmentant de manière progressive la température. Dans une seconde étape, une réaction catalytique de post-oxydation en  $\text{CO}_2$  et en eau est réalisée  
5 et un détecteur mesure continuellement la quantité de  $\text{CO}_2$  produite. L'indice de cétane du combustible est déterminé par analyse des données basée sur un modèle statistique.

Des dispositifs similaires sont décrits dans le document WO98/18001, dans lesquels on utilise différents  
10 éléments de détection (senseurs) permettant de déterminer la proportion critique des différents composants dans des chambres de mesure jusqu'à former un mélange explosif.

Cependant, ces différents systèmes sont basés sur une comparaison par rapport à une référence déterminée  
15 généralement pour un volume et un mélange de combustibles précis.

#### Buts de l'invention

La présente invention vise à proposer un  
20 procédé d'anticipation et/ou de prévention du risque d'explosion et/ou d'inflammation spontanée d'un mélange combustible/agent oxydant conservé dans un milieu confiné, par exemple un silo à grains, un terril de poussier de charbon à ciel ouvert, un bâtiment dont l'atmosphère est  
25 imprégnée de poussières industrielles ou de fertilisants (sacs d'engrais/nitrate d'ammonium), un réservoir partiellement rempli de kérosène, d'essence, de gaz d'hydrocarbures, etc., qui ne présenterait pas les inconvénients des procédés de l'état de la technique et qui  
30 puisse être adapté à tout type de volume et à tout type de combustible (solide, liquide, en émulsion, en gouttelettes ou gazeux) en présence d'air, d'oxygène ou d'un autre agent oxydant.

Un autre but de la présente invention est de mettre au point des procédures qui permettent d'éviter ou retarder les phénomènes d'explosion ou d'inflammation spontanée de tels combustibles conservés dans ces milieux  
5 confinés, mélangés à un agent oxydant tel que l'oxygène ou l'air par exemple.

Eléments caractéristiques de la présente invention

La présente invention concerne un procédé  
10 d'anticipation et/ou de prévention du risque d'explosion et/ou d'inflammation spontanée d'un mélange combustible/agent oxydant conservé dans un milieu confiné ou entassé, dans lequel on mesure la température du mélange à partir du moment de création dudit mélange, et on  
15 détermine le moment critique d'explosion et/ou d'inflammation spontanée de ce mélange en déterminant la période d'induction, c'est-à-dire le temps écoulé entre la création dudit mélange et le moment critique au-delà duquel on risque une explosion et/ou une inflammation spontanée  
20 dudit mélange.

On entend par "mélange combustible", un produit susceptible de se consumer mélangé à ou en contact avec un agent oxydant, tel que l'oxygène ou l'air.

Selon l'invention, le combustible est présent  
25 sous forme solide, liquide, gazeuse, en brouillard ou en émulsion.

Dans le procédé de l'invention, le milieu confiné comportant le mélange combustible/oxydant est choisi parmi le groupe constitué par des silos à grains,  
30 des centres de stockage de matériaux combustibles solides tels que du poussier de charbon, des fertilisants (engrais/nitrate d'ammonium), des galeries de mines, des réservoirs de combustible, en particulier des réservoirs d'hydrocarbures (kérosène, essence, méthane, butane,

propane, etc.) partiellement remplis d'air, de gaz inflammables et/ou explosifs, éventuellement incorporés dans un véhicule tel qu'un camion, un avion, un bateau, etc.

5                   Avantageusement, dans le procédé de l'invention, on utilise également des moyens d'alarme, de retard et/ou de prévention de ladite explosion et/ou inflammation, qui peuvent être enclenchés de manière manuelle ou automatique, éventuellement par le personnel  
10 chargé de la surveillance et de la manutention dudit mélange présent dans le milieu confiné. Lesdits moyens ou dispositifs doivent être enclenchés dès la création du mélange combustible/agent oxydant pour déterminer le moment critique d'explosion et/ou d'inflammation spontanée dudit  
15 mélange, c'est-à-dire lorsque le temps écoulé se rapproche du moment critique ( $\tau_i$ ) d'inflammation ou d'explosion spontanée.

Ces différents moyens peuvent comprendre des senseurs ou des dispositifs de dilution, de séparation ou  
20 de refroidissement du mélange de manière à retarder ou à prévenir ladite explosion et/ou ladite inflammation.

Dans la figure unique annexée, on a repris différentes données, relevées dans des conditions de température constante présentant en ordonnée le logarithme  
25 de la période d'induction, c'est-à-dire le logarithme du temps écoulé entre la création du mélange combustible/agent oxydant et le moment d'explosion et/ou d'inflammation spontanée, et en abscisse la température initiale dudit mélange. Sur ce graphique est représentée une droite basée  
30 sur la sommation de différentes données expérimentales obtenues avec des mélanges combustibles sous forme solide, liquide ou gazeuse, de poudre noire, de benzène, de cyclohexane, de cyclohexène, d'agents lubrificateurs, de

kérosène, de propane, d'éthane, de n-heptane, etc., au contact ou mélangés à de l'air. Sur la base de ces données expérimentales, il est possible, pour un mélange combustible/agent oxydant présent dans un milieu confiné, à condition de respecter des techniques expérimentales appropriées, d'anticiper la période d'induction et donc le moment où il y aura inflammation spontanée du mélange, ce qui permet de déterminer le seuil de temps critique écoulé au-delà duquel ledit mélange combustible/agent oxydant est susceptible de s'enflammer spontanément et donc de provoquer une déflagration et/ou une explosion.

Les différents éléments permettant de caractériser le seuil critique sont basés sur la combinaison de moyens bien connus de l'homme du métier tels que des senseurs, des enregistreurs, des systèmes de minutage définissant le temps écoulé, des dispositifs de mesure de la température initiale et des variations dans le temps de la température du mélange, des systèmes d'intégration des données tels que puces et mémoires électroniques, etc., connectés à une unité de calcul permettant d'enclencher éventuellement de manière automatique différents dispositifs d'alarme ou de prévention permettant de prévenir, de retarder ou d'éviter ladite explosion ou ladite inflammation.

REVENDECATIONS

1. Procédé d'anticipation et/ou de prévention du risque d'explosion et/ou d'inflammation spontanée d'un mélange combustible/agent oxydant conservé dans un milieu  
5 confiné, dans lequel on mesure la température initiale du mélange et son évolution éventuelle dans le temps à partir du moment de création dudit mélange et on détermine le moment critique d'explosion et/ou d'inflammation spontanée dudit mélange en déterminant la période d'induction restant  
10 à courir, en fonction du temps écoulé depuis la création dudit mélange et le moment critique au-delà duquel on risque une explosion et/ou une inflammation spontanée dudit mélange.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on met en œuvre des moyens d'alarme  
15 ou de prévention de ladite explosion et/ou de ladite inflammation dudit mélange lorsque le temps écoulé depuis le moment de création dudit mélange se rapproche du moment critique ( $\tau_i$ ) d'inflammation spontanée.

20 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le milieu confiné incorporant le mélange combustible/agent oxydant est choisi parmi le groupe constitué par un silo à grains, un centre de stockage de charbon, de poussières industrielles ou de  
25 fertilisants (engrais/nitrate d'ammonium), des galeries de mine, des réservoirs de combustible, en particulier des réservoirs d'hydrocarbures (kérosène, essence, méthane, butane, propane, etc.) éventuellement incorporés dans un véhicule tel qu'un réservoir de camion, d'avion, de bateau,  
30 etc.

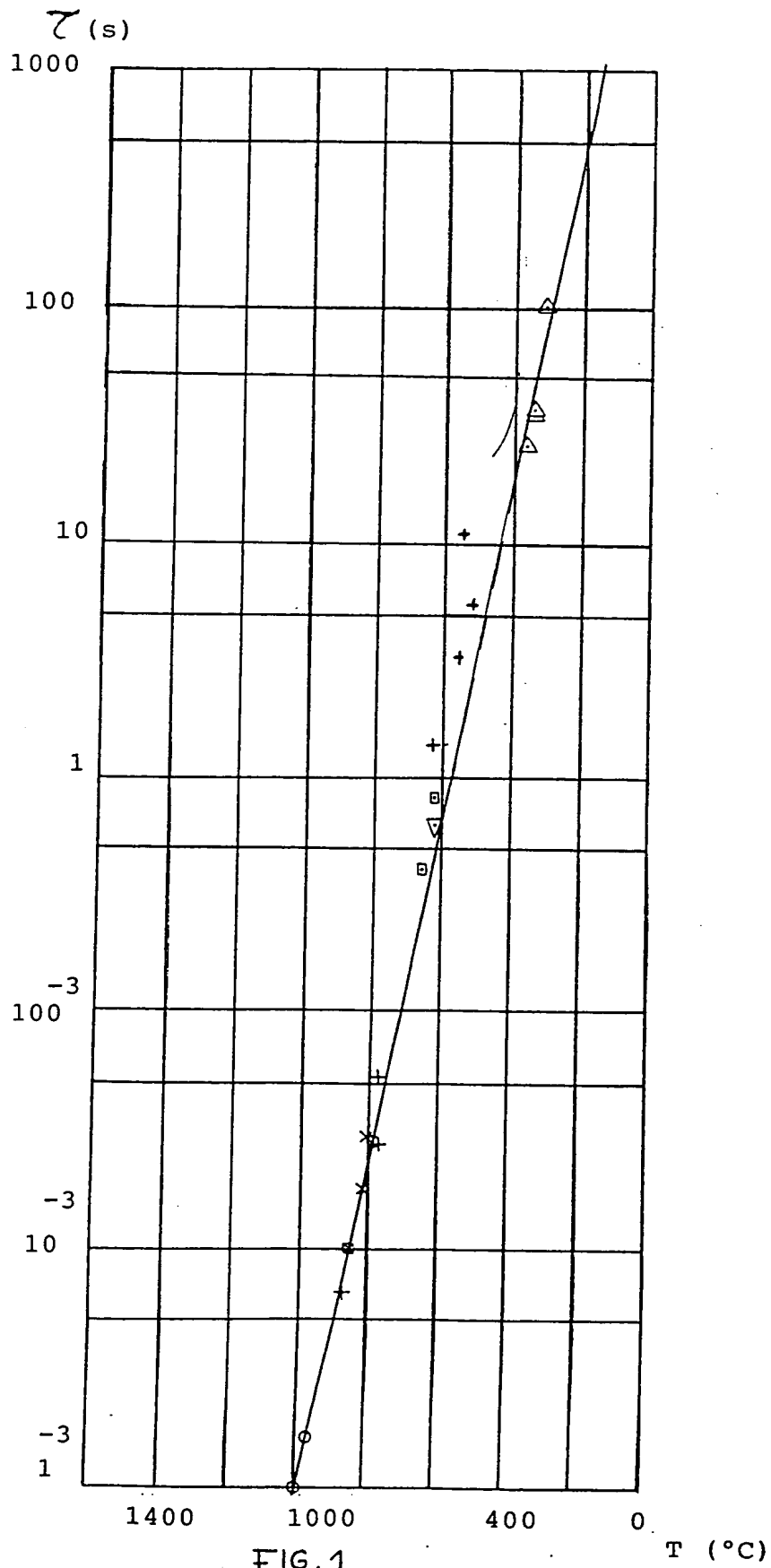
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la mise en œuvre des moyens d'alarme et/ou de prévention



09000332

7

d'explosion et/ou d'inflammation dudit mélange est  
enclenchée de manière manuelle ou automatique.



5

10     PROCEDE D'ANTICIPATION, DE RETARD ET/OU DE PREVENTION DU  
      RISQUE D'INFLAMMATION SPONTANEE ET/OU D'EXPLOSION D'UNE  
          ATMOSPHERE EXPLOSIVE

Objet de l'invention

      [0001]       La présente invention est relative à un  
15   procédé d'anticipation, de retard et/ou de prévention du  
      risque d'inflammation spontanée et/ou d'explosion dans les  
      conditions atmosphériques d'une atmosphère explosive,  
      c'est-à-dire d'un mélange avec l'air de substances  
      inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards,  
20   poussières ou grains combustibles, conservée dans un milieu  
      ou un volume confiné ou semi-confiné tel qu'un silo à  
      grains, un volume comprenant un mélange de combustibles,  
      hydrocarbures ou de poussières industrielles ou de  
      fertilisants et d'air, le réservoir d'un véhicule, une  
25   galerie de mine, etc.

Arrière-plan technologique et état de la technique à la  
      base de l'invention

      [0002]       Chaque année, des installations industrielles  
30   subissent des dégâts matériels importants, provoqués par  
      des incendies et/ou des explosions. Parfois même, ces  
      dégâts s'accompagnent de pertes humaines.

      [0003]       Des efforts en matière de prévention de ces  
      risques doivent donc être faits et la Directive européenne

1999/92/CE du 16 décembre 1999 s'inscrit dans ce cadre.

[0004] Des mélanges avec l'air d'une ou plusieurs substances inflammables, définis sous le terme d' « atmosphères explosives » par la Directive européenne

5 1999/92/CE du 16 décembre 1999, peuvent faire l'objet d'une explosion ou d'un incendie lorsqu'ils sont conservés à des températures ambiantes ou élevées dans des milieux confinés ou semi-confinés.

[0005] De telles atmosphères peuvent être présentes  
10 dans certains volumes tels que les silos à grain, dans l'espace interstitiel des grains, dans la partie vide des cellules de stockage au-dessus du grain, ainsi que dans les galeries de manutention du silo dans les cellules ou intercalaires « diamant » vides ou autres espaces confinés.

15 [0006] Ces atmosphères explosives peuvent être constituées d'hydrocarbures et d'air, de produits de pyrolyse et d'air ou de fermentation aérobie ou anaérobie de grain humide ou de poussières provenant d'opérations de nettoyage, de séchage ou de manutention du grain.

20 [0007] D'autres silos à ciel ouvert sont eux aussi concernés dans la mesure où l'atmosphère à l'intérieur du mélange stocké est explosive et peut donner lieu à des « feux couvants » à l'intérieur de la masse stockée ou à un incendie à la surface du tas stocké.

25 [0008] Des atmosphères explosives peuvent également être présentes dans les stockages de fertilisants, de farines/poudres animales ou végétales, les réservoirs de véhicules, les galeries de mines, etc.

[0009] Aussi importe-t-il de détecter le risque  
30 d'explosion de ces atmosphères explosives.

[0010] Le document WO89/08253 décrit un procédé et un appareillage pour déterminer si un combustible peut provoquer une explosion dans les conditions présentes dans un moteur diesel. Ce phénomène est étudié en soumettant le

combustible à une exposition en présence d'un mélange de gaz oxydants en augmentant de manière progressive la température. Dans une seconde étape, une réaction catalytique de post-oxydation en CO<sub>2</sub> et en eau est réalisée et un détecteur mesure continuellement la quantité de CO<sub>2</sub> produite. L'indice de cétane du combustible est déterminé par une analyse des données basée sur un modèle statistique.

[0011] Des dispositifs similaires sont décrits dans le document WO98/18001, dans lesquels on utilise différents éléments de détection (senseurs) permettant de déterminer la proportion critique des différents composants dans des chambres de mesure jusqu'à former un mélange explosif.

[0012] Cependant, ces différents systèmes sont basés sur une comparaison par rapport à une référence déterminée généralement pour un volume et un mélange de combustibles précis.

#### Buts de l'invention

[0013] La présente invention vise à proposer un procédé d'anticipation et/ou de prévention du risque d'inflammation spontanée et/ou d'explosion d'une atmosphère explosive telle que définie dans la Directive 1999/92/CE publiée au JOCE L23 du 28/01/00, mélange combustible conservé dans un milieu confiné ou semi-confiné, par exemple un silo à grains, un terril de poussier de charbon à ciel ouvert, un bâtiment dont l'atmosphère est imprégnée de poussières industrielles ou de fertilisants (sacs d'engrais/nitrate d'ammonium) ou de poudres/farines animales ou végétales, de sciure de bois, un réservoir partiellement rempli de kérosène, d'essence, de gaz d'hydrocarbures, et d'air, etc., qui ne présenterait pas les incertitudes et inconvénients des procédés de l'état de

la technique et qui puisse être adapté à tout type de volume et à tout type de combustible (solide, liquide, en émulsion, en gouttelettes ou gazeux) en présence d'air, d'oxygène ou d'un autre agent oxydant.

5 [0014] Un autre but de la présente invention est de proposer un dispositif qui permette d'éviter ou de retarder les phénomènes d'inflammation spontanée ou d'explosion de tels combustibles conservés dans ces milieux confinés ou semi-confinés, mélangés à un agent oxydant tel que  
10 l'oxygène ou l'air par exemple.

#### Eléments caractéristiques de la présente invention

[0015] La présente invention concerne un procédé d'anticipation et/ou de prévention du risque d'inflammation  
15 spontanée et/ou d'explosion d'une atmosphère explosive conservée dans un milieu confiné ou entassé, dans lequel on mesure la température du mélange à partir du moment de création dudit mélange, et on détermine le moment critique d'inflammation spontanée et/ou d'explosion de ce mélange en  
20 déterminant la période d'induction, c'est-à-dire le temps écoulé entre la création dudit mélange et le moment critique au-delà duquel on risque une inflammation spontanée et/ou une explosion dudit mélange.

[0016] On entend par « atmosphère explosive », un  
25 mélange, dans les conditions atmosphériques, d'air et de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou de poussières combustibles, dans lequel, après inflammation spontanée, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé. Si l'atmosphère est  
30 homogène, l'inflammation spontanée peut se produire simultanément dans tout le volume.

[0017] Selon l'invention, le combustible est présent sous forme solide, liquide, gazeuse, en brouillard en poussière ou en émulsion.

[0018] Dans le procédé de l'invention, le milieu confiné comportant le mélange substances inflammables/air est choisi parmi le groupe constitué par des silos à grains, des centres de stockage de matériaux combustibles solides tels que du poussier de charbon, de la sciure de bois, des fertilisants (engrais/nitrate d'ammonium), des farines animales ou végétales, des galeries de mines, des réservoirs de combustible, en particulier des réservoirs d'hydrocarbures (kérosène, essence, méthane, butane, propane, etc.) partiellement remplis d'air, d'atmosphères explosives, éventuellement incorporés dans un véhicule tel qu'un camion, un avion, un bateau, etc.

[0019] Avantageusement, dans le procédé de l'invention, on utilise également des moyens d'alarme, de retard et/ou de prévention de ladite inflammation spontanée et/ou explosion, qui peuvent être enclenchés de manière automatique ou éventuellement manuelle par le personnel chargé de la surveillance et de la manutention dudit mélange présent dans le milieu confiné. Lesdits moyens ou dispositifs doivent être enclenchés dès la création de l'atmosphère explosive pour déterminer le moment critique d'inflammation spontanée et/ou d'explosion de l'atmosphère explosive, c'est-à-dire lorsque le temps écoulé se rapproche du moment critique ( $\tau_i$ ) d'inflammation spontanée et/ou d'explosion.

[0020] Ces différents moyens peuvent comprendre des senseurs, des capteurs, des détecteurs, des analyseurs ou des dispositifs de dilution, de séparation, de refroidissement ou d'inertage du mélange de manière à retarder ou à prévenir ladite inflammation spontanée et/ou ladite explosion.

[0021] Les différents éléments permettant de caractériser le seuil critique d'inflammation spontanée

et/ou d'explosion de l'atmosphère explosive sont basés sur la combinaison de moyens bien connus de l'homme du métier tels que des senseurs, des enregistreurs, des systèmes de minutage définissant le temps écoulé, des dispositifs de mesure de la température initiale et des variations dans le temps de la température du mélange, des systèmes d'intégration des données tels que puces et mémoires électroniques, etc., connectés à une unité centrale de calcul et de contrôle permettant d'enclencher de manière automatique ou manuelle différents dispositifs d'alarme, de prévention ou de lutte contre l'incendie permettant de prévenir, de retarder ou d'éviter ladite inflammation spontanée et/ou ladite explosion, ainsi que des mécanismes de pompage, de vidange, de manutention, de refroidissement ou d'inertage de l'atmosphère à risque ou des substances inflammables et combustibles.

Brève description des dessins :

[0022] La figure 1 présente la cellule d'un silo à grains munie du dispositif permettant la mise en œuvre du procédé selon une forme préférée d'exécution de l'invention.

[0023] La figure 2 présente les connexions entre le centre de surveillance et les autres éléments du dispositif permettant la mise en œuvre du procédé selon une forme préférée d'exécution de l'invention.

[0024] La figure 3 présente pour différentes atmosphères explosives les variations du logarithme de la période d'induction  $\tau_i$  en fonction de la température initiale (en degrés Celsius) de ladite atmosphère.



Description d'une forme d'exécution de l'invention :

[0025] Selon une forme d'exécution possible de l'invention, le procédé d'anticipation et/ou prévention du risque d'inflammation et/ou d'explosion concerne une cellule verticale à remplissage et à vidange par gravité dans un silo à grains, et utilise un équipement tel que représenté à la figure 1.

[0026] Les connaissances actuelles ont permis d'identifier, dans les silos, deux types principaux d'accidents :

- ♦ des incendies,
- ♦ des explosions,

les premiers étant parfois à l'origine des deuxièmes.

L'état des connaissances actuelles en matière de prévention et de protection part du principe que ces incendies et/ou ces explosions ont pour origine:

- ♦ soit un auto-échauffement des produits stockés, qui aboutit à une première auto-inflammation, laquelle se propage ensuite dans l'atmosphère et les produits,
- ♦ soit au déclenchement d'une explosion, le plus souvent dans les galeries ou tours de manutention, remplies de poussières inflammables, par suite soit d'une étincelle provenant d'un court-circuit sur un appareillage électrique soit d'une décharge électrostatique ou d'une surchauffe locale due au frottement de pièces mécaniques.

[0027] La présente invention a pour but d'utiliser une connaissance nouvelle qui démontre qu'une atmosphère explosive constituée d'un mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières inflammables fera toujours l'objet d'une inflammation spontanée (voir figure 3), même à température ambiante, si

les volumes stockés sont suffisamment grands pour que les effets de parois deviennent négligeables à l'échelle des collisions moléculaires. Cette nouvelle connaissance est d'ailleurs confirmée par les différentes études d'auto-  
5 échauffement et d'incendie de silos à plat répertoriées.

[0028] Dans le cas des atmosphères « à poussières » à haute température la période d'induction, c'est-à-dire le temps qu'il faudra pour que l'atmosphère s'enflamme spontanément, peut devenir très court et surtout  
10 l'inflammation risque de se produire simultanément dans tout le volume d'atmosphère, donnant lieu à une explosion plus ou moins violente selon l'énergie dégagée (pressions élevées, chaleur) et le confinement de l'atmosphère.

[0029] Dans ce cas, les mesures préventives doivent  
15 être prises d'urgence, dès la création de l'atmosphère explosive, étant donné que l'explosion et sa propagation peuvent ne prendre que quelques secondes ou même fractions de secondes.

[0030] L'inventeur a choisi d'illustrer cette  
20 invention par son application pour une cellule de stockage vertical classique.

[0031] La cellule 1 du silo, de forme cylindrique, comprend dans sa partie supérieure un orifice de remplissage 2 et un orifice de vidange muni d'une vanne 3  
25 dans sa partie inférieure.

[0032] La cellule 1 est en outre équipée d'un câble creux 4 suspendu de manière centrale, contenant un câble intérieur 5 auquel sont incorporés des senseurs de température 6, en général des thermocouples, des capteurs  
30 d'humidité, des sondes de gaz, etc., espacés chacun d'une distance qui est fonction du diamètre de la cellule cylindrique 1.

[0033] Plus précisément, on mesure certains paramètres et on prélève des échantillons d'atmosphère à un

certain nombre de points à l'intérieur de la cellule 1 au moyen de sondes de gaz 7 en commençant dès le début du remplissage.

[0034] Les échantillons sont soumis à une analyse initiale à l'aide d'un analyseur 8, l'analyse permettant d'introduire, en plus de la composition initiale de l'atmosphère, sa température initiale, d'autres paramètres tels que l'hygrométrie et surtout le temps écoulé. Cet échantillonnage devra être poursuivi soit de manière continue soit avec une fréquence déterminée par le niveau de risque d'explosion de l'atmosphère.

[0035] Il est cependant préférable que le suivi de la température, du temps écoulé et des autres paramètres se fasse en continu au moyen de capteurs de température 6, de capteurs d'humidité 9, ces différents capteurs étant placés à l'intérieur du câble interne 5.

[0036] En pratique, dès que le mélange des produits inflammables à stocker avec l'air qui remplit la cellule 1 est effectué, des moyens sont mis en œuvre pour connaître la nature du mélange, les caractéristiques de l'atmosphère susceptible d'exploser, à la fois à l'intérieur du produit et dans la partie vide au-dessus du produit stocké, comme l'illustre la figure 2.

[0037] Des capteurs de pression 10 sont placés le long de la paroi interne de la cellule 1 afin de pouvoir intégrer à tout instant les nouvelles données aux données déjà stockées au niveau du centre de contrôle et de surveillance 11. Le centre de surveillance 11 pourra ainsi commander, en cas de nécessité, la mise en œuvre du dispositif d'alarme 12 et/ou d'intervention automatique via un programmeur 14 et un logiciel de gestion 15 afin de réduire et/ou de neutraliser le risque d'inflammation spontanée et/ou d'explosion.

[0038] Avantageusement le dispositif selon l'invention comprend également un enregistreur 20 destiné à enregistrer au fur et à mesure les données relatives aux différents paramètres.

5 [0039] Des dispositifs 21 permettant de faire varier par exemple l'humidité, la température, la pression, etc. sont reliés à l'unité centrale 11.

[0040] En outre, l'unité centrale 11 commande en sortie via des système de commande 23 (ou sorties) la  
10 machinerie du silo, par exemple ceux associés au transilage, à la vidange ou au remplissage, etc..

[0041] Parmi les procédés permettant de neutraliser le risque d'inflammation spontanée et/ou d'explosion, on peut citer l'inertage et l'aspiration de l'atmosphère  
15 suivie d'une conservation sous vide.

[0042] Dans le procédé d'inertage, on vise à neutraliser le caractère réactif de l'atmosphère en substituant l'atmosphère présente dans la cellule 1 par une atmosphère non-explosive, par exemple en remplaçant l'air  
20 (ou l'oxygène) par un gaz tel que l'azote ou le dioxyde de carbone. Le gaz inerte ou inertant est prélevé dans des bouteilles 13 telles que représentées sur la figure 1, puis injecté sous l'action d'une pompe d'injection 16 dans la cellule 1 via l'entrée 17.

25 [0043] Le procédé d'aspiration de l'atmosphère suivie d'une conservation sous vide ou sous gaz inerte, quant à lui, repose sur le principe selon lequel c'est l'oxygène de l'air ou celui libéré par certaines molécules auxquelles il est associé qui réagit dans l'atmosphère et  
30 la rend explosive. Pendant la période d'induction qui précède son inflammation spontanée ou son explosion, son élimination est réalisée à l'aide de pompes d'aspiration 18 telles que représentées sur la figure 1 et la conservation sous dépression ou sous vide est maintenue grâce à la

fermeture de l'obturateur 19. Conjointement des dispositifs de réfrigération 22 de l'atmosphère peuvent être utilisés.

[0044] Les deux procédés peuvent être mis en œuvre en parallèle.

5 [0045] Il est donc avantageux de prévoir les éléments suivants dans l'équipement de la cellule verticale :

- des éléments d'aspiration et de pompage permettant l'inertage à pression atmosphérique de la cellule et de
- 10 fermeture de celle-ci après inertage ;
- ou bien une membrane étanche installée à l'intérieur de la cellule, ouverte dans sa partie supérieure de façon à permettre son remplissage et munie d'un orifice inférieur par exemple pour pomper l'atmosphère et mettre le stockage
- 15 sous vide, jusqu'au moment de sa vidange.

[0046] La figure 3 donne un exemple de données expérimentales qui sont utilisées comme référence par le centre de surveillance pour décider de la mise en œuvre du dispositif d'alarme 12 et/ou d'intervention automatique via

20 le programmeur 14 et le logiciel de gestion 15, afin de réduire et/ou de neutraliser le risque d'inflammation spontanée et/ou d'explosion. Ces données correspondent aux variations de la période d'induction, pour un mélange combustible/agent oxydant, en fonction de la température

25 initiale du mélange. Plus précisément, sur la figure 3 ont été reprises différentes données, relevées dans des conditions de température constante, présentant en ordonnée le logarithme de la période d'induction, c'est-à-dire le logarithme du temps écoulé entre la création du mélange

30 combustible/agent oxydant et le moment d'inflammation spontanée et/ou d'explosion, et en abscisse la température initiale dudit mélange. Sur ce graphique est représentée une courbe basée sur la sommation de différentes données expérimentales obtenues avec des mélanges combustibles

sous forme solide, liquide ou gazeuse, de poudre noire, de benzène, de cyclohexane, de cyclohexène, d'agents lubrificateurs, de kérosène, de propane, d'éthane, de n-heptane, etc., au contact ou mélangés à de l'air.

- 5 [0047] Sur la base de ces données expérimentales, il est possible, pour un mélange combustible/agent oxydant présent dans un milieu confiné, à condition de respecter des techniques expérimentales appropriées, d'anticiper la période d'induction et donc le moment où il y aura
- 10 inflammation spontanée du mélange, ce qui permet de déterminer le seuil de temps critique écoulé au-delà duquel ledit mélange combustible/agent oxydant est susceptible de s'enflammer spontanément et donc de provoquer une déflagration et/ou une explosion.
- 15 [0048] Comme indiqué dans la figure 3, il faut s'attendre à ce qu'il y ait inflammation spontanée de l'atmosphère interstitielle ou périphérique des produits stockés, même si cette inflammation spontanée n'est pas précédée d'un auto-échauffement. En effet, la courbe de la
- 20 figure 3 indique la période d'induction d'atmosphères à pression atmosphérique et à température constante avant inflammation spontanée. Cette période d'induction pourra bien sûr dépendre de la nature des produits inflammables stockés et donc de l'évolution physique ou chimique de
- 25 l'atmosphère explosive interstitielle après mélange des produits avec l'air contenu dans la cellule avant remplissage.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'anticipation et/ou de prévention du risque d'inflammation spontanée et/ou d'explosion d'une atmosphère explosive conservée dans un milieu confiné ou semi-confiné, dans lequel on mesure la température initiale du mélange et son évolution éventuelle dans le temps à partir du moment de création de ladite atmosphère et on détermine le moment critique d'inflammation spontanée et/ou d'explosion de ladite atmosphère en déterminant la période d'induction restant à courir, en fonction du temps écoulé depuis la création de ladite atmosphère et le moment critique au-delà duquel on risque une inflammation spontanée et/ou une explosion de ladite atmosphère.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on met en œuvre des moyens d'alarme ou de prévention d'inflammation spontanée et/ou d'explosion de ladite atmosphère lorsque le temps écoulé depuis le moment de création de ladite atmosphère se rapproche du moment critique ( $\tau_i$ ) d'inflammation spontanée.

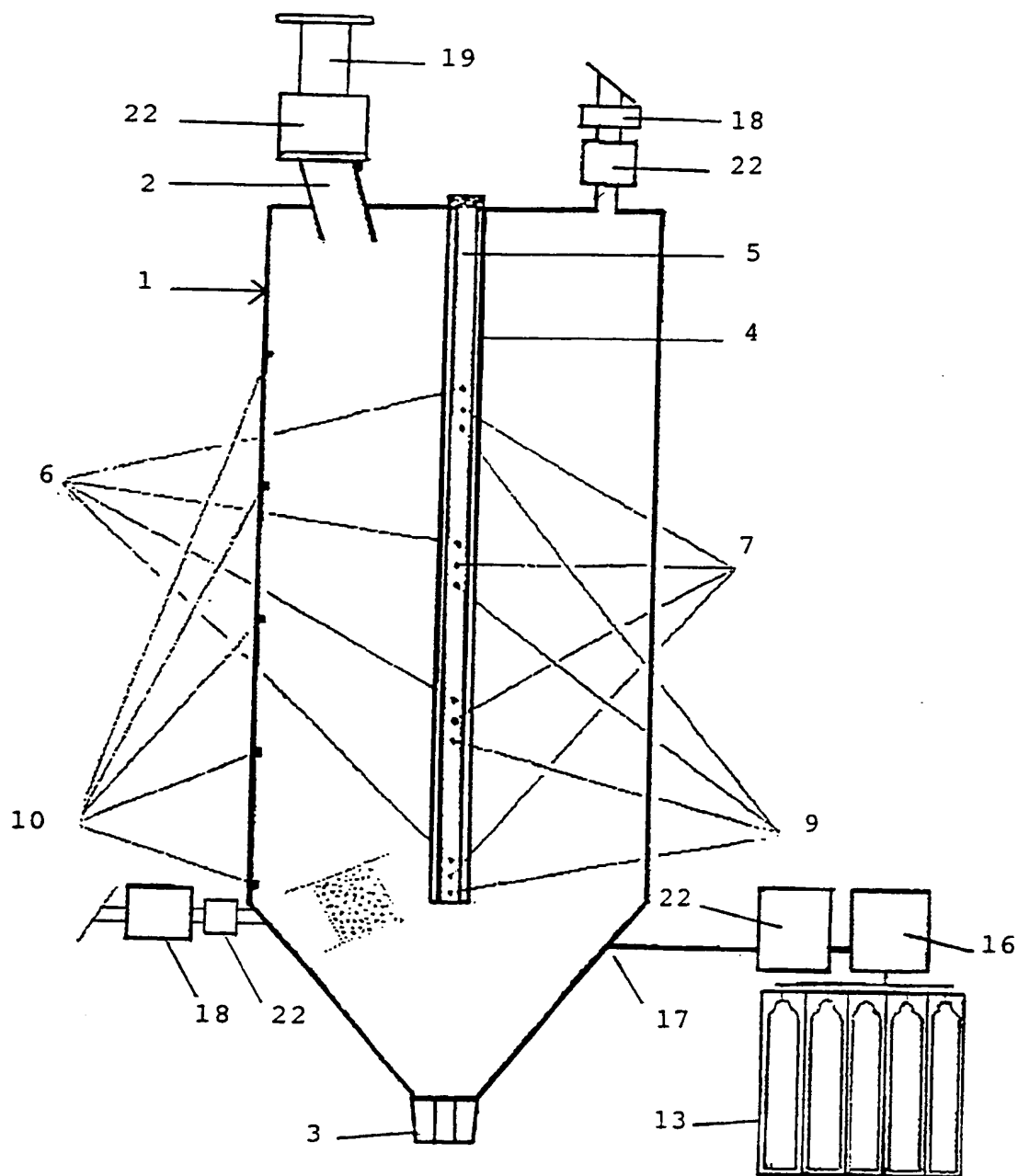
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le milieu confiné ou semi-confiné incorporant ladite atmosphère est choisie parmi le groupe constitué par un silo à grains, un centre de stockage de poussier de charbon, de poussières industrielles, de farines animales ou végétales, ou de fertilisants (engrais/nitrate d'ammonium), des galeries de mine, des réservoirs de combustible, en particulier des réservoirs d'hydrocarbures (kérosène, essence, méthane, butane, propane, etc.) éventuellement incorporés dans un véhicule tel qu'un réservoir de camion, d'avion, de bateau, etc.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la mise

en œuvre des moyens d'alarme et/ou de prévention d'inflammation spontanée et/ou d'explosion de ladite atmosphère est enclenchée de manière manuelle ou automatique.



1/3

FIG. 1

*This Page Blank (uspto)*

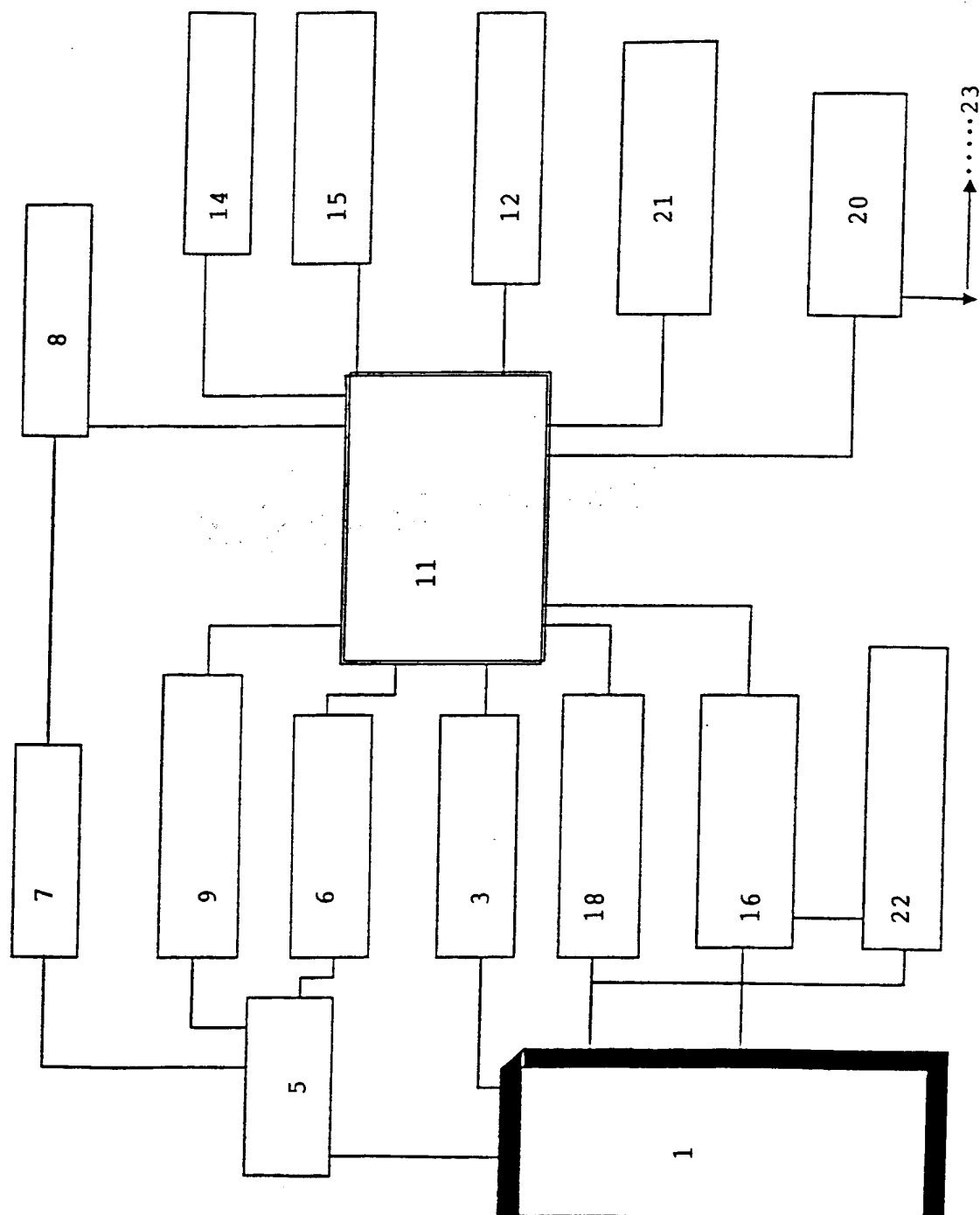


FIG. 2

**This Page Blank (uspto)**

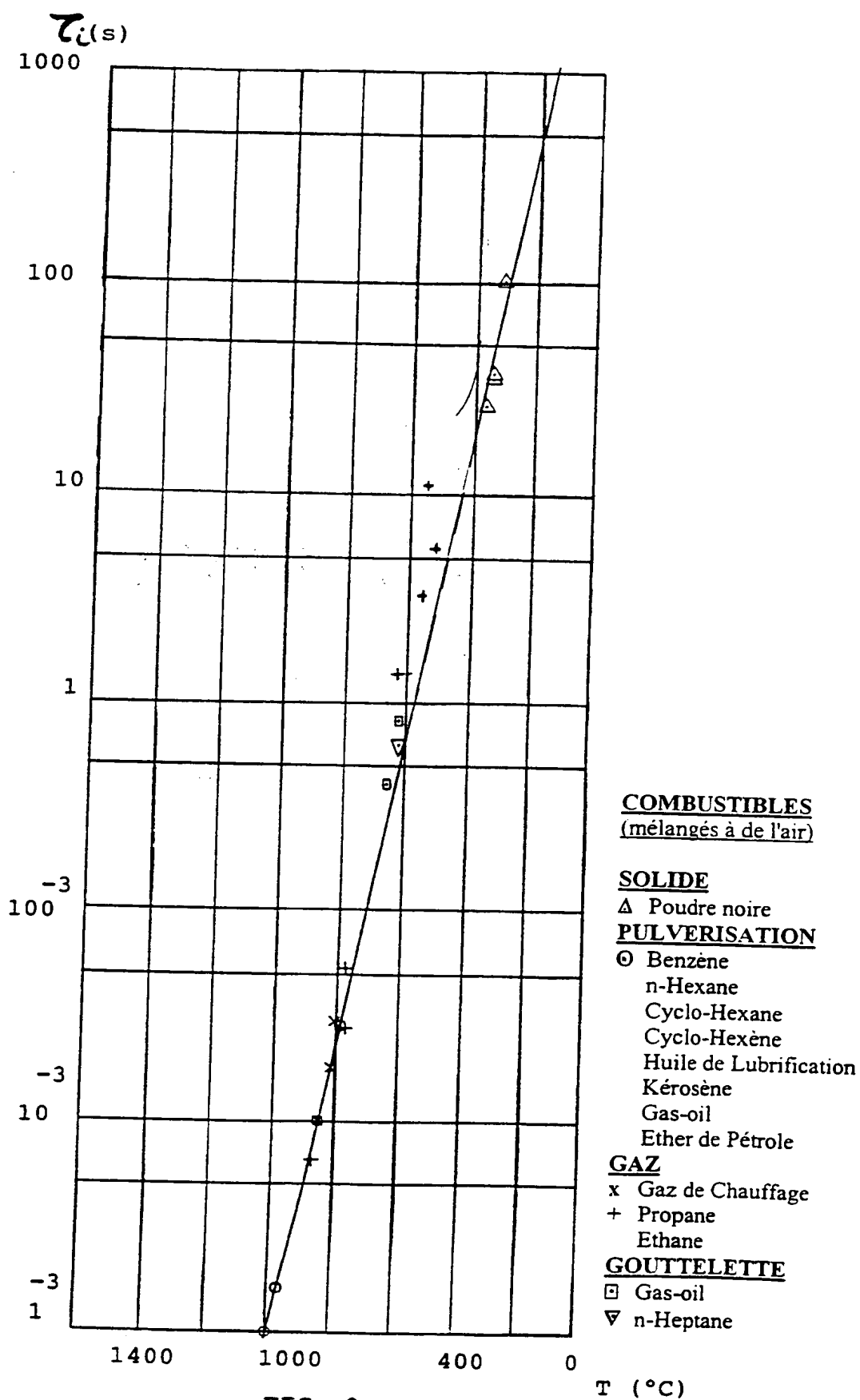


FIG. 3

**This Page Blank (uspto)**